



Aalto-yliopisto
Perustieteiden
korkeakoulu

Monitavoitteinen Ranking & Selection epätäydellisellä preferenssi-informaatiolla (valmiin työn esittely)

Ville Koponen

9.9.2013

Ohjaaja: *Ville Mattila*

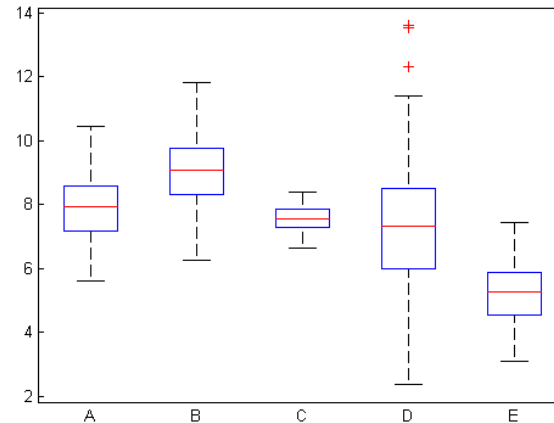
Valvoja: *Raimo Hämälinen*

Työn saa tallentaa ja julkistaa Aalto-yliopiston avoimilla verkkosivuilla. Muilta osin kaikki oikeudet pidätetään.

Sisältö

- Ranking & Selection (R&S)
- Työn tavoite
- Preferenssi-informaation hyödyntäminen
- Menetelmä
- Esimerkki
- Yhteenveto

Yksitavoitteinen Ranking & Selection (R&S)



- Tehtävänä valita paras äärellisestä määrästä systeemejä/päätösvaihtoehtoja
- Systemien tehokkuutta arvioidaan stokastisella simuloinnilla
- R&S menetelmät määrittävät miten simulointitoistot tulee jakaa systemien kesken, jotta
 - Paras löydetään halutulla varmuudella
 - Käytetään mahdollisimman vähän toistoja

Monitavoitteinen R&S

- Yksitavoitteisia menetelmiä on tutkittu laajalti, monitavoitteisia vähän:
 - John Butler, Douglas J. Morrice, and Peter W. Mullarkey. A multiple attribute utility theory approach to ranking and selection. *Management Science*, 47(6):800–816, 2001.
 - Tavoitteiden yhdistäminen moniattribuuttisella hyötyfunktioilla
 - Täydellinen preferenssi-informaatio
 - Yksitavoitteiset R&S menetelmät
 - C. Chen and L.H. Lee. *Stochastic Simulation Optimization: An Optimal Computing Budget Allocation*. World Scientific Publishing, Singapore, 2010.
 - Multi-objektive Optimal Computing Budget Allocation MOCBA
 - Kaikki ei-dominoidut ratkaisut
 - Ei preferenssejä

Työn tavoite

- Yksitavoitteisia R&S menetelmän soveltaminen monitavoitteiseen ongelmaan
- Tavoitteiden yhdistäminen moniattribuuttisella hyötyfunktioilla
- Preferenssien suhteen ei-dominoitujen systeemien valinta
- Suhteessa aiempiin menetelmiin
 - Ei tarvita täydellistä preferenssi-informaatiota (vrt. Butler et al.)
 - Kaikkia ei-dominoituja systeemejä ei tarvitse etsiä (vrt. Chen et al.)

Tavoitteiden yhdistäminen

- Additiivinen höytyfunktio

$$u(X) = \sum_{i=1}^H w_i u_i(x_i)$$

x_i attribuutin i ulostulo, u_i hyötyfunktio, w_i paino

- Epätäydellinen preferenssi-informaatio
 - Painot intervallilla esim: $\in [0.0 \ 0.5]$ ja $\in [0.5 \ 1.0]$
- Absoluuttinen dominanssi:

$$E[u(X_k|w)] > E[u(X_l|w')] \quad \forall w, w' \in W$$

Hyödyn estimointi simuloitien tuloksista

- Hyödyn odotusarvon ylä- ja alarajat:

$$\hat{u}(\mathbf{X}_{k1}, \dots, \mathbf{X}_{km} | \mathbf{W}) = \min_{\mathbf{w} \in \mathbf{W}} \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m \left(\sum_{i=1}^n w_i u_i(X_{kij}) \right)$$

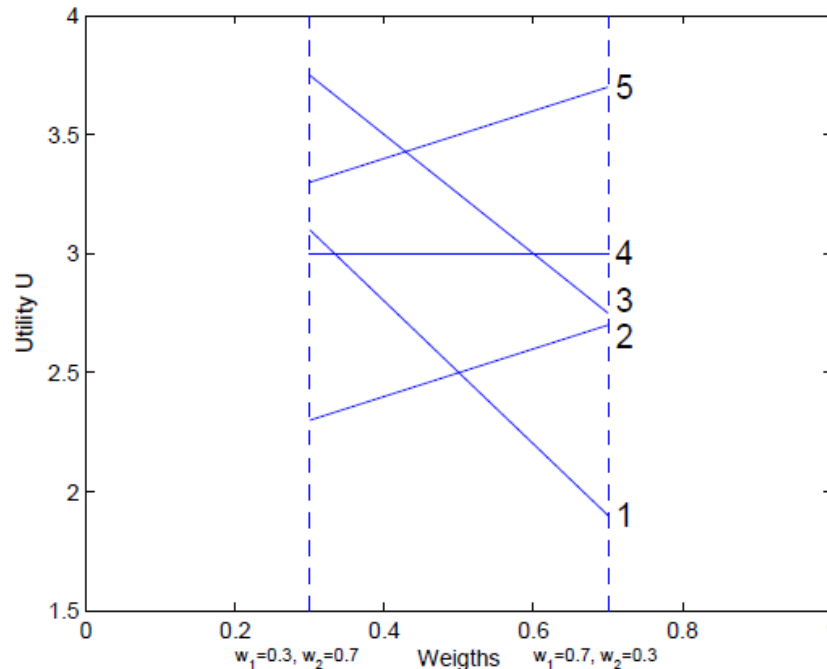
$$\hat{\bar{u}}(\mathbf{X}_{k1}, \dots, \mathbf{X}_{km} | \mathbf{W}) = \max_{\mathbf{w} \in \mathbf{W}} \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m \left(\sum_{i=1}^n w_i u_i(X_{kij}) \right)$$

n attributtia, m simuloititoistoa

- Absoluuttiset dominanssit päätellään estimoiduista hyödyistä

Absoluuttinen dominanssi

- Systeemi a dominoi systeemiä b, jos a:n pienin hyöty on suurempi kuin b:n suurin hyöty



- 5 dominoi 1, 2 ja 4
- 4 dominoi 2
- 3 dominoi 2

Abs. ei-dominoitujen määrittäminen R&S-tehtävänä

- PCS: todennäköisyys, että ei-dominoitujen joukko valitaan oikein
- Yläraja todennäköisyydelle, että dominoituneet systeemit ovat dominoituja ja ei-dominoituneet ei-dominoituja:

$$P_{cs} \geq 1 - \sum_{k \in S, k \neq b} P(\hat{u}_b > \hat{u}_k) - \sum_{k \in \bar{S}, k \neq b} P(\hat{u}_k > \hat{u}_b)$$

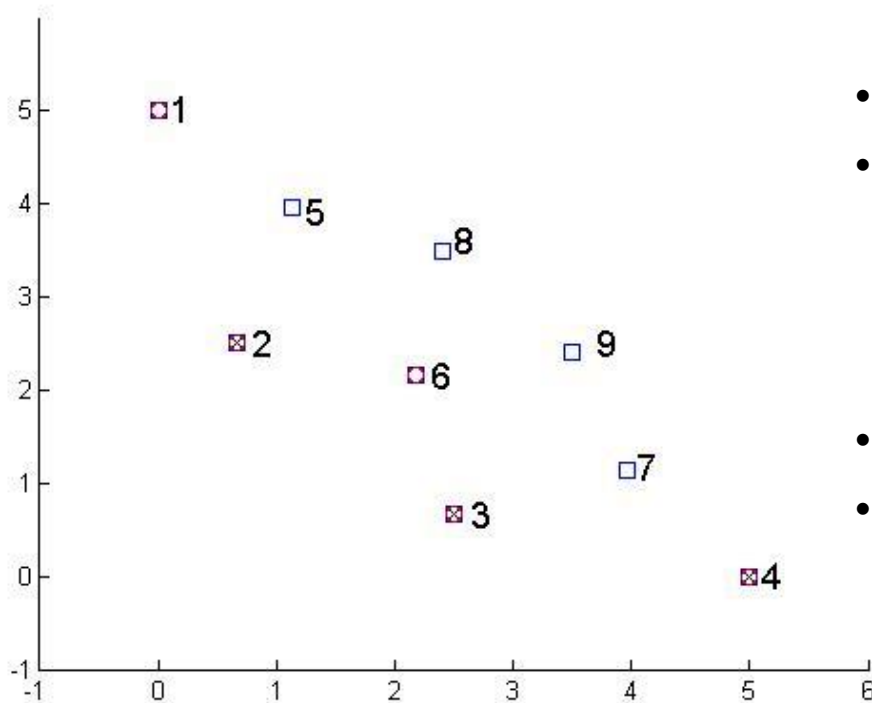
S on ei-dominoitujen joukko, \bar{S} dominoitujen, \hat{u} on estimaatti hyödyn ylärajalle ja \underline{u} alarajalle

- Todennäköisyyden maksimoinnista saadaan miten simulointitoistot kannattaa jakaa systeemien kesken

OCBA-menetelmä (Optimal computing budget allocation)

1. Määritä laskentabudjetti T ja simuloi jokaista systeemiä m_0 kertaa.
2. Jos laskentabudjetti saavutetaan, mene kohtaan 5.
3. Allokoi pieni määrä simulaatioita systeemien kesken OCBA:n sääntöjen perusteella.
4. Suorita simulaatiot. Mene kohtaa 2.
5. Valitse absoluuttisesti ei-dominoidut systeemit simulointien perusteella.

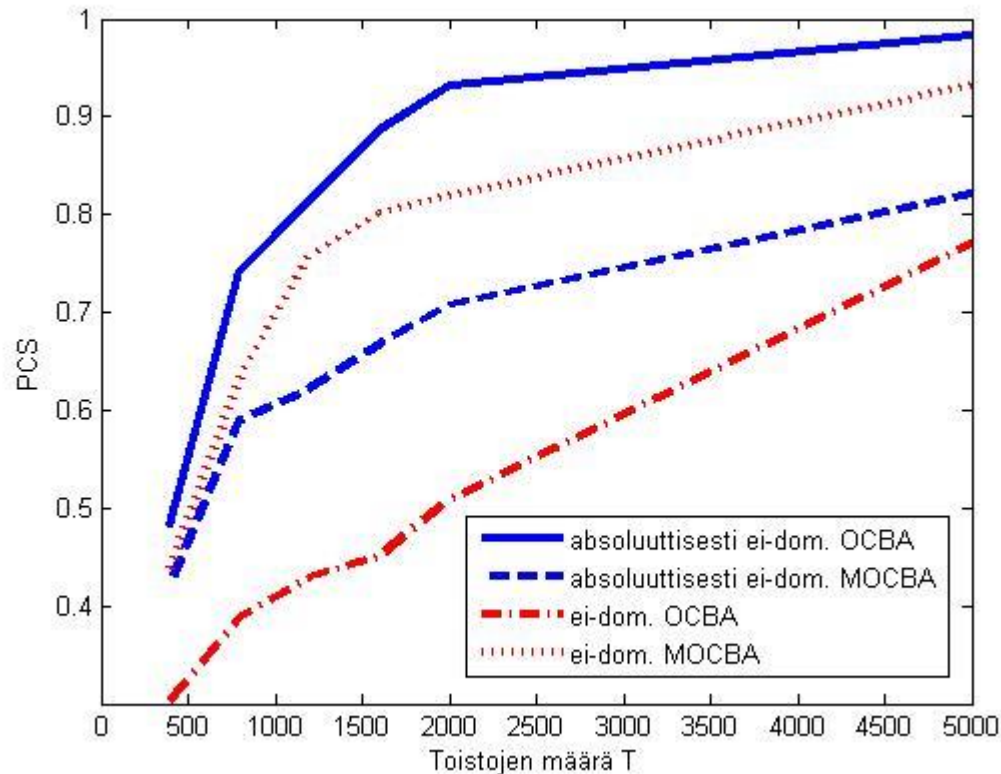
Esimerkki



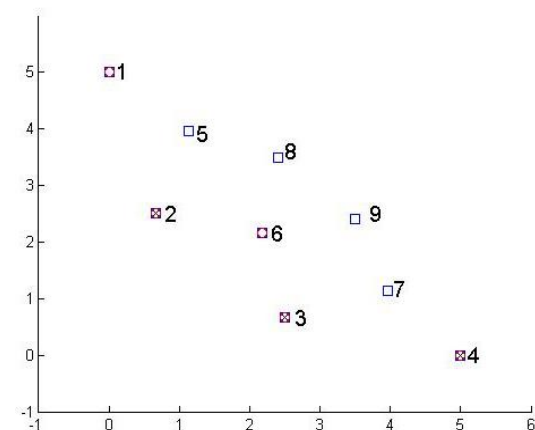
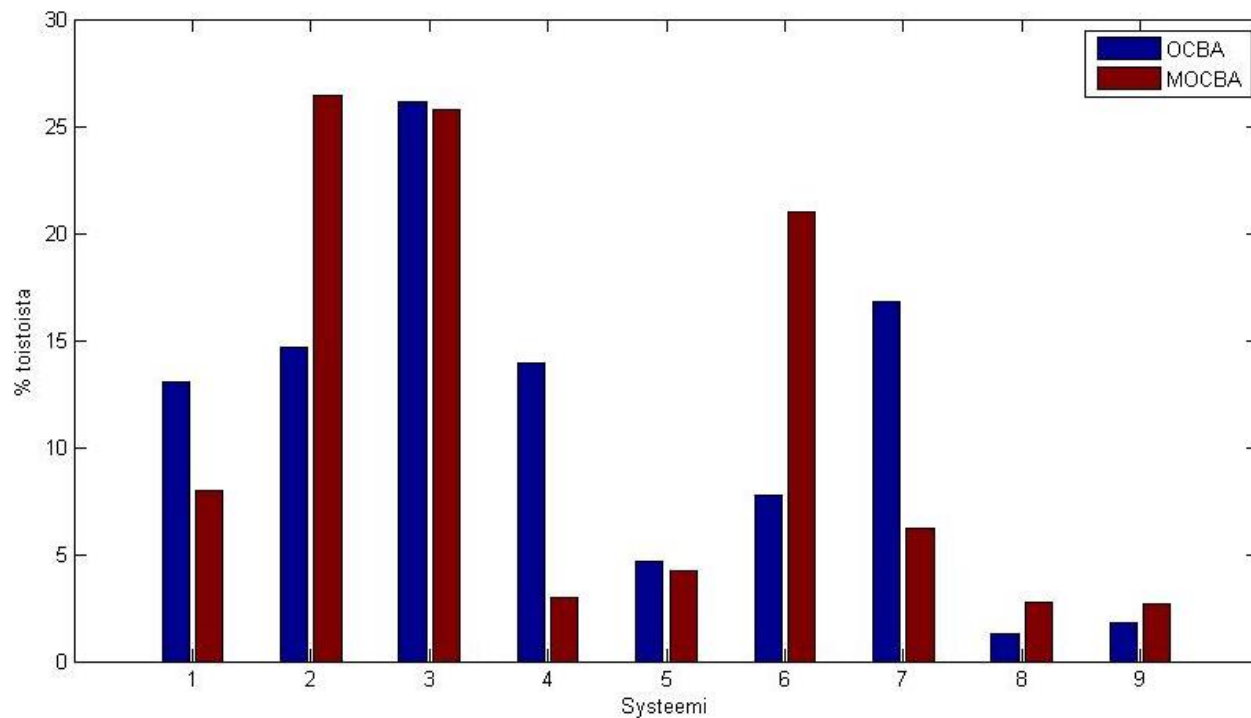
- 9 vaihtoehtoa (neliöt)
- 2 attribuuttia
 - Simuloinnin tulokset arvotaan normaalijakaumasta
 - Odotusarvot kuvassa
 - Varianssi 2^2
- 5 pareto-optimaalista (ympyrät)
- 3 preferenssi mielessä dominoimatonta (raksit)
 - Painot [0.3 0.6] ja [0.4 0.7]

design #	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Upper utility	3.5000	1.9510	1.7679	3.0000	3.1162	2.1716	2.8334	3.1706	3.0608
Lower utility	2.0000	1.4019	1.2189	1.5000	2.2677	2.1716	1.9848	2.8412	2.7313

Oikean valinnan todennäköisyys PCS OCBA vs. MOCBA



Toistojen jakautuminen vaihtoehtojen välillä



design #	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Upper utility	3.5000	1.9510	1.7679	3.0000	3.1162	2.1716	2.8334	3.1706	3.0608
Lower utility	2.0000	1.4019	1.2189	1.5000	2.2677	2.1716	1.9848	2.8412	2.7313

Yhteenveto

- Uusi sovellus yksitavoitteiselle OCBA-menetelmälle
- Epätäydellisen preferenssi-informaation hyödyntäminen monitavoitteisessa R&S:ssä
- Preferenssien ilmaiseminen saattaa tuoda laskennallisia säästöjä riippuen tehtävästä
- Jatkotutkimus
 - Esim. pareittainen dominanssi mahdollista ratkaista samankaltaisella menetelmällä
 - Ei-dominoitujen systeemien paremmuusjärjestys